http://www.icn.unal.edu.co/ Caldasia 35(1):149-163. 2013

# DERIVA DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS A LO LARGO DEL RÍO GAIRA, VERTIENTE NOROCCIDENTAL DE LA SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA, COLOMBIA

## Aquatic Macroinvertebrates drift along of the Gaira River, northwestern side of the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia

CESAR TAMARIS-TURIZO

*Universidad del Magdalena, Instituto de Investigaciones Tropicales -INTROPIC, Facultad de Ciencias Básicas, Grupo de Investigación en Limnología Neotropical. Santa Marta, Magdalena, Colombia. cesartamaris@yahoo.es*

JAVIER RODRÍGUEZ-BARRIOS

*Universidad del Magdalena, Instituto de Investigaciones Tropicales -INTROPIC, Grupo de Investigación en Biodiversidad y Ecología Aplicada, Santa Marta, Magdalena, Colombia. jarodriguezba@gmail.com*

RODULFO OSPINA-TORRES

*Laboratorio de Invertebrados Acuáticos, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombi. rospinat@unal.edu.co*

**RESUMEN**

Se realizaron cuatro muestreos mensuales en tres tramos del río Gaira durante los meses de marzo a junio del 2008: parte alta (1700 msnm), media (900 msnm) y baja (50 mnsm), donde se evaluó la densidad de deriva y biomasa de macroinvertebrados durante el ciclo diario. Los taxones que presentaron mayores valores de densidad de deriva fueron los Diptera (15.15 Ind. $m^3$), los Ephemeroptera (8.46 Ind. $m^3$) y los Trichoptera (2.70 Ind. $m^3$). En términos generales, se observó que con el incremento de las lluvias, descendió la densidad y la biomasa derivante de macroinvertebrados. En la escala del ciclo diario, de la densidad de deriva y la biomasa de macroinvertebrados no presentaron diferencias significativas; sin embargo, se observó una tendencia al incremento de la densidad y la biomasa durante las horas del día.

**Palabras clave.** Deriva, biomasa, macroinvertebrados acuáticos, Sierra Nevada de Santa Marta.

**ABSTRACT**

From March to June 2008, we made four samplings in three sites of Gaira River: upper part (1700 masl), middle (900 masl), and lower (50 masl). The density and biomass of macroinvertebrates during a diary cycle were evaluated. Diptera (15.15 Ind. $m^3$), Ephemeroptera (8.46 Ind. $m^3$), and Trichoptera (2.70 Ind. $m^3$) presented high values of drift density. In general, we observed that an increase of rainfall resulted in a decrease in the density and biomass of macroinvertebrates. In the diary cycle, the density and biomass of drift did not show significant differences. However, during the day we observed a tendency toward the increase of density and biomass drift.

**Key words.** Drift, biomass, aquatic macroinvertebrates, Sierra Nevada de Santa Marta.

## INTRODUCCIÓN

Se considera que en general existen tres tipos de deriva entre los macroinvertebrados acuáticos: conductual, constante o casual y catastrófica. Esta última está asociada con modificaciones del sustrato, altas descargas de agua, épocas de bajas precipitaciones, altas temperaturas, actividades humanas entre otras (Waters 1965); por tanto, la dinámica del transporte de macroinvertebrados acuáticos, medido en términos de abundancia y/o biomasa se convierte en un descriptor de alteraciones en los ecosistemas lóticos.

Un componente importante del transporte de materia orgánica en ríos es la deriva de macroinvertebrados acuáticos, la cual se ve afectada por diversos procesos, como por ejemplo la presencia de depredadores (Flecker 1992, Quiñones *et al.* 1998, Ramírez & Pringle 2001, March *et al.* 2003, Rodríguez-Barrios *et al*. 2007) y las precipitaciones, que generan aumento en los caudales (Cano 2003, Rodriguez-Barrios *et al.* 2007, Wilcox *et al.* 2008), provocando que la densidad y la biomasa de deriva aumenten con la disminución de los caudales.

Estudios realizados en un río alto-andino del Ecuador, encontraron patrones de deriva para los géneros *Baetodes* y *Leptohyphes* influenciado por las precipitaciones (Ríos 2008), a diferencia de la deriva de los macroinvertebrados, sin embargo Deluque (2005) no registró diferencias entre la abundancia y la biomasa de deriva durante el día y la noche en la parte baja de la cuenca baja del río Gaira, Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM).

La deriva de estos organismos es un componente de gran importancia sobre los niveles tróficos en los ríos, debido al subsidio energético que suministra aguas abajo (Allan 1995, Rodríguez-Barrios *et al.* 2007, Tamaris-Turizo *et al*. 2007). Romero *et al.* (2005) estudiaron en las costas de Oregon – (EE.UU.), que la biomasa en la deriva de macroinvertebrados acuáticos y terrestres, se convierte en la mayor fuente de alimento para especies de peces y que esta biomasa, se ve afectada por el régimen de descargas de las quebradas, lo que demuestra que los procesos de transporte de biomasa de macroinvertebrados acuáticos son un subsidio importante para el equilibrio de niveles tróficos, especialmente en los peces (Flecker 1992, Allan 1995).

La variabilidad de horarios de deriva que presentan algunos macroinvertebrados acuáticos y la particularidad de su comportamiento al derivar, hacen que la composición de la fauna derivante no represente a la comunidad de organismos propiamente establecida en el bentos de un tramo del río (Allan 1995, Dobson & Frid 1998, Angelier 2002), por lo cual el estudio de las comunidades presentes en el bentos de estos ecosistemas debe estar acompañado del conocimiento de los organismos derivantes. Estos elementos fueron evidenciados en ocho ríos de los Andes venezolanos durante época de bajas precipitaciones (Flecker 1992), que registraron un incremento nocturno significativo relacionado con la presencia de peces depredadores, en comparación con los ríos sin estos depredadores.

Los ríos de la Sierra Nevada de Santa Marta, por estar separados del sistema de montañas de los Andes, se caracterizan por tener patrones hidrológicos y climáticos particulares (Sarmiento 1987; Prosierra 1998), por tanto, los procesos biológicos y físicos pueden presentar características particulares a las presentadas en los ríos andinos. En los últimos años la deforestación, el establecimiento de cultivos inadecuados, el uso inapropiado de los suelos, entre otras actividades antrópicas, han venido ejerciendo una presión sobre las cuencas hidrográficas de la Sierra Nevada de Santa Marta, lo cual ha conllevado a modificaciones en la dinámica de los ecosistemas acuáticos, así como a desequilibrios en la deriva catastrófica de los organismos acuáticos (Deluque 2005).

Por ello, en este estudio se evaluó la densidad y la biomasa de macroinvertebrados derivantes en un gradiente altitudinal (50 – 1650 msnm) durante época de bajas precipitaciones, en un río de la SNSM, el cual a lo largo de su trayectoria atraviesa siete formaciones vegetales y distintas formas de alteración antrópica contrastantes (desde zonas conservadas hasta zonas muy alteradas).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

Los muestreos se desarrollaron en tres tramos de la cuenca del río Gaira. El primero (estación 1) está ubicado en la parte alta (sector de San Lorenzo) a 1650 msnm, esta localidad se encuentra bien conservada, colinda con el Parque Nacional Natural Sierra Nevada de Santa Marta. Esta estación se localiza entre los 11°10´02´´ Norte y 74°10´41.5´´ Oeste; es una zona con laderas muy inclinadas, lecho con una alta heterogeneidad de microhábitats dominados por gravas y grandes rocas, con zonas de rápidos (Tamaris-Turizo *et al*. 2007), condiciones características de las cabeceras de ríos. En la vegetación ribereña abundan árboles de gran tamaño que generan una sombra permanente sobre el lecho del río, la formación vegetal es Bosque muy húmedo montano bajo (Espinal & Montenegro 1963). La precipitación anual en el sector (según datos multianuales del IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-) es de 2446 mm.

El segundo sitio de muestreo fue en la parte media del río (estación 2) (Hacienda La Victoria) a 900 msnm localizado entre los 11°07’44.2” Norte y 74°05’35.8” Oeste. La formación vegetal de esta estación es Bosque húmedo subtropical (Espinal & Montenegro 1963); la vegetación ribereña de la estación dos se encuentra poco conservada, debido a que existen grandes extensiones de cultivos de café, además de localidades en las cuales se desarrolla la producción ganadera en poca intensidad. La zona presenta también una alta heterogeneidad de microhábitats donde dominan las gravas, además presenta zonas de rápidos y remansos (Sierra-Labastidas *et al.* en preparación). La precipitación anual en el sector (según datos multianuales del IDEAM) es de 2491 mm.

El tercer sitio de muestreo (estación 3) se localiza en la parte baja de la cuenca del río Gaira (Puerto Mosquito) a 50 msnm localizado entre los 11°10’26” Norte, 74°10’37” Oeste. Según Espinal & Montenegro (1963), en el sector se presenta la formación de bosque muy seco tropical, en donde las lluvias caen únicamente durante dos o tres meses del año, los aguaceros son más intensos que en la formación monte espinoso tropical (García & Ospino 2005). El lecho del río está dominado por arenas y sedimento; además, posee poca pendiente, lo que hace que los remansos sean dominantes. Cerca a esta estación (aguas arriba) se encuentra una planta de captación de aguas y río abajo hay varias zonas de balneario, convirtiendo al sector en el más intervenido entre las estaciones de estudio (Figura 1).

### Recolecta de macroinvertebrados derivantes

Se realizaron cuatro muestreos mensuales en cada estación, los cuales se llevaron a cabo durante los meses de marzo a junio de 2008, correspondientes a época de bajas precipitaciones y comienzo de las lluvias en la zona. En cada estación se muestreó durante un ciclo de 24 horas en las siguientes fechas: 19-23 de marzo (M1), 04-12 de abril (M2), 25 de abril al 3 de mayo (M3) y 11-20 de junio del 2008 (M4).

En cada sitio de muestreo se seleccionó un tramo recto donde el flujo del agua fuese lo más uniforme posible, pero a su vez presentara alta heterogeneidad geomorfológica de hábitat acuático, con un sistema de rápidos y remansos (Frisell *et al*. 1986).

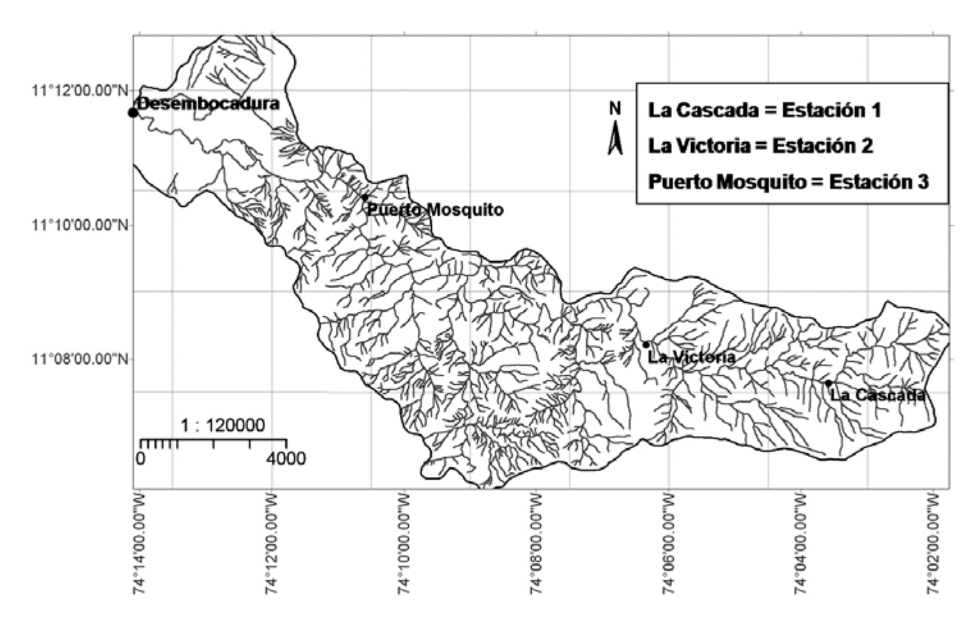



**Figura 1**. Ubicación de las tres estaciones de estudio en la red de drenaje de la cuenca del río Gaira (Santa Marta). Modificado de Tamaris-Turizo & López (2006).

Para la recolecta de organismos derivantes, se ubicaron tres trampas de deriva en cada tramo del río, cada trampa tenía un área de 0.045 $m^2$ y una malla de 250 µm de ojo, las cuales se colocaron contra la corriente y se mantuvieron totalmente sumergidas durante los muestreos. Las trampas se desocuparon cada cuatro horas, hasta completar un ciclo de 24 horas. El material almacenado en las redes se fijó en alcohol al 80 %, luego se almacenó en bolsas plásticas de calibre grueso debidamente rotuladas con información de la estación, la fecha y la hora de colecta. Finalmente las muestras se transportaron al Laboratorio de Biología de la Universidad del Magdalena, para su procesamiento.

## Medición de las variables físicas y químicas

Durante las campañas de muestreo, paralelo a la recolección de las muestras de macroinvertebrados se utilizó una sonda multiparámetro WTW para medir, las siguientes variables físicas y químicas: temperatura del agua (ºC), pH (unidades), conductividad (µs $cm^{-1}$) y oxígeno disuelto (mg $l^{-1}$). Además, se tomaron datos de velocidad de la corriente con un objeto flotador, ancho de la sección y profundidad promedio de la sección para calcular el caudal en cada una de las estaciones. Se observó el material del lecho en las tres estaciones y a partir de dichas observaciones se estimó que el coeficiente de rugosidad de Manning fue 0.8 (Monsalve 1999). La velocidad de la corriente en la boca de la red de deriva, fue calculada cada cuatro horas, con la ayuda de un objeto flotador.

## Densidad y biomasa derivante de macroinvertebrados

Inicialmente se separaron los macroinvertebrados acuáticos del resto del material derivante, para realizar la identificación (subfamilia para los quironómidos y género para el resto de macroinvertebrados), siguiendo las claves taxonómicas y las descripciones de Lopretto (1995), Merritt & Cummins (1996), Domínguez *et al.* (2006) y Fernández & Domínguez (2006).

La densidad de deriva de los macroinvertebrados acuáticos se calculó de acuerdo con la ecuación de Smock (2007).

$$D = (Ab) / (T.V.A)$$

Donde D es la densidad de deriva (ind $m^{-3}$), Ab es la abundancia de la población derivante, T es el tiempo de exposición de la red, V es la velocidad promedio de la corriente en la boca de la red ($m\ s^{-1}$) y A es el área sumergida de la red, expresada en $m^2$.

Se midió la longitud del ancho de la cabeza y la longitud del cuerpo del 70 % de los organismos por cada taxón (para tener una porción representativa de las relaciones métricas); las cuales se transformaron a peso seco libre de humedad (Biomasa) usando las regresiones propuestas por Burgherr & Meyer (1997), Benke *et al.* (1999), Cressa (1999) y Stead *et al*. (2003).

La biomasa derivante de macroinvertebrados por volumen de agua transportado se calculó según la ecuación propuesta por Smock (2007).

$$B = (g) / (T.C)$$

Siendo B la biomasa derivante de macroinvertebrados (g de macroinvertebrados x $m^{-3}$), g son los gramos de macroinvertebrados acuáticos, T es el tiempo a la exposición a la red (en segundos) y C es el caudal que pasa por la boca de la red ($m^{-3}\ s$).

### Análisis de datos

Para evaluar las diferencias estadísticas en la deriva de macroinvertebrados entre las estaciones de muestreo y entre los muestreos, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal y Wallis (K-W), puesto que los residuales del ANOVA no cumplieron con los supuestos de normalidad y/o homogeneidad de varianzas. Las diferencias significativas se evaluaron con la prueba post hoc de rangos Student-Newman-Keuls (SNK). La densidad y biomasa de los macroinvertebrados derivantes durante el ciclo diario (entre los intervalos de horas de colecta) se analizaron mediante la prueba K-W, usando los intervalos de hora como los niveles del factor. Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico Statgraphics Centurion XV para Windows, utilizando un nivel de significancia del 5%.

## RESULTADOS

### Régimen hidrológico

El flanco noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta presenta un régimen hidrológico unimodal, el cual comprende un época de bajas precipitaciones de diciembre a marzo, seguida de una época de lluvias, comprendida entre abril y noviembre, durante este último periodo se presentó un leve ascenso en las precipitaciones hasta el mes de mayo, posteriormente en junio y julio se evidenció una estabilidad pluviométrica y finalmente las precipitaciones aumentaron en el mes de octubre, donde alcanzaron las lluvias más altas del ciclo anual.

Durante los muestreos, en la estación 1 (San Lorenzo) no hubo precipitaciones; sin embargo, en los M3 y M4, se observó un leve un aumento del caudal y un mayor arrastre del material del lecho del río, lo que es indicativo del aumento de las precipitaciones locales. En la estación 2, durante los dos primeros muestreos se presentaron leves lloviznas y durante los dos últimos muestreos ocurrieron fuertes precipitaciones en las horas del día. En la estación 3, durante el M3 se presentaron lloviznas; y sólo durante el M4 se presentaron lluvias fuertes, lo que se evidenció con un aumento abrupto del caudal en esta estación de muestreo (Figura 2). En términos generales los M1, M2 y M3 correspondieron a la época de bajas precipitaciones y durante M4 se presentaron precipitaciones, dando comienzo a la temporada de lluvias en la zona.

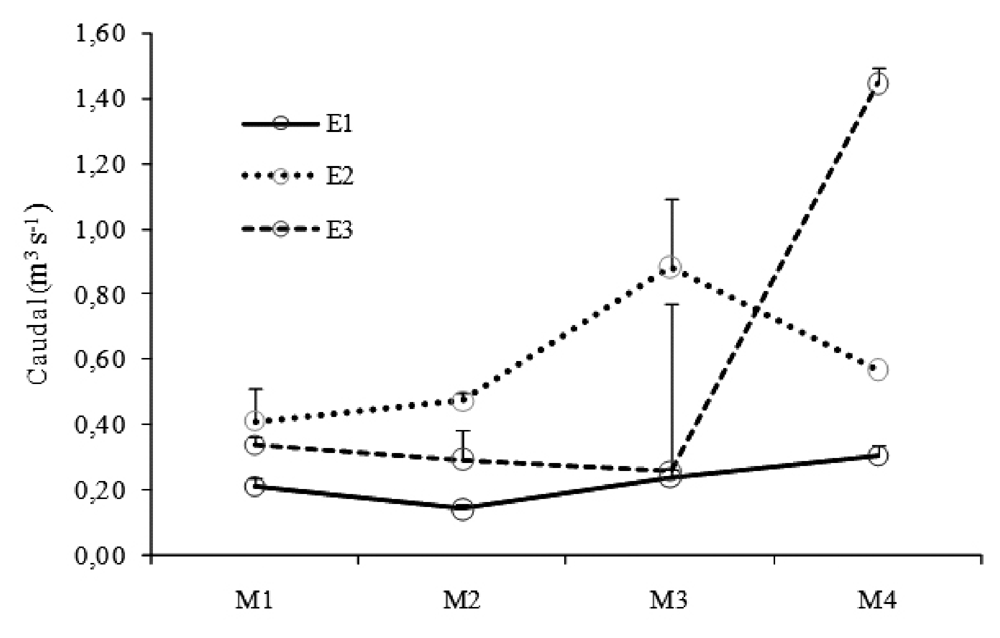



**Figura 2**. Caudales promedios por estación durante los cuatro muestreos.
M1 = muestreo 1, M2 = muestreo 2, M3 = muestreo 3, M4 = muestreo 4, E1 = Estación 1 (parte alta), E2 = estación 2 (parte media), E3 = estación 3 (parte baja). Las barras representan una desviación estandar por encima del promedio.

Durante M1, los caudales medidos en las tres estaciones fueron similares; sin embargo, la estación 2 (parte media) durante los tres primeros muestreos, presentó los datos más altos (0.41 – 0.88 $m^3 s^{-1}$), seguido de la estación 3 (parte baja) (0.30 – 0.40 $m^3 s^{-1}$), la cual presentó el valor más alto durante el muestreo 4 (M4) (1.44 $m^3 s^{-1}$). Finalmente la estación 1 (parte alta) durante todo el estudio presentó los valores más bajos (0.14 – 0.30 $m^3 s^{-1}$) (Figura 2).

**Deriva de macroinvertebrados**

Durante los cuatro muestreos, se recolectaron en las tres estaciones de estudio un total de 6625 organismos, distribuidos en 55 taxones, de estos, los más abundantes correspondieron a los géneros *Baetodes* (Ephemeroptera: Baetidae) con un total de 1326 individuos, el 11.46 % de los cuales se recolectaron durante M1, el 16,14 % en M2 y en los dos últimos muestreos (M3 y M4) alcanzaron el 58.67 % y 13.72 % respectivamente. *Simulium* (Diptera: Simuliidae) con 1149 individuos y los miembros de la subfamilia Diamesinae (Diptera: Chironomidae) con 479 individuos, de los cuales el 36 % se colectaron durante M1 y tan solo el 3.8 % de éstos en M4. Menores densidades la registró la familia Stratiomyidae (Dipetra) en el M4 y en género *Xiphocentrum* (Trichoptera) en el M1 con menos del (0.01 %) de la representación de organismos derivantes, las cuales se presentaron solo en la E2.

**Densidad de deriva**

Los órdenes que presentaron mayores densidades de deriva durante los muestreos fueron Diptera, Ephemeroptera y Trichoptera con 15.15; 8.46 y 2.70 $Ind.m^{-3}$ respectivamente. En la Figura 3, se muestran los diez taxones con mayores densidades de deriva registradas durante el estudio. Las mayores densidades se presentaron en la estación 1, seguida de la estación 3 y finalmente de la estación 2. Sin

embargo, los géneros *Leptohyphes* y *Smicridea* presentaron mayores densidades en la estación 3, seguida por la estación 2 y con menor densidad en la estación 1.

Se encontraron diferencias significativas en la densidad de deriva durante M2 (SNK = 16.26; n = 18; $P < 0.01$), donde la estación 1 presentó la mayor densidad de deriva. En M4 también se detectaron diferencias significativas entre las estaciones (SNK = 11.49; n = 18; $P < 0.01$); sin embargo, en este muestreo la estación 3 fue la de mayor densidad de deriva.

La periodicidad en la deriva de macroinvertebrados acuáticos en las estaciones fue variable para cada estación. En la estación 1 durante M1 la densidad total de deriva fue de 1.07 ± 0.22 Ind.m$^{-3}$, evento durante el cual se presentó una dominancia del género *Simulium* (18 % de abundancia), las subfamilias Orthocladiinae y Diamesinae (15 y 12 % respectivamente) y el género *Baetodes* con el 6.5 % de la abundancia del muestreo. Durante el M2 la densidad de deriva aumentó (2.43 ± 0.22 Ind.m$^{-3}$); este periodo en la zona correspondió al de bajas precipitaciones. En M3 y M4 la densidad de deriva disminuyó (0.79 ± 0.09 Ind.m$^{-3}$ y 0.12 ± 0.013 Ind.m$^{-3}$ respectivamente). Evento que coincidió con la aparición de las lluvias en el sector; así mismo, durante estos muestreos se registra el género *Lachlania*, y aunque con una baja densidad de deriva (0.0025 ± 0.00019 Ind.m$^{-3}$), no había sido registrado en los muestreos anteriores.

En la estación 2 las densidades de deriva fueron poco variables, la mayor densidad la presentó M2 con 0.72 ± 0.06 Ind.m$^{-3}$ y la menor densidad el M4 con 0.22 ± 0.04 Ind.m$^{-3}$ (Figura 4). Por su parte, la estación 3 evidenció un descenso en la densidad de deriva acorde con el aumento de los caudales en esta estación (Figura 2). En todas las estaciones

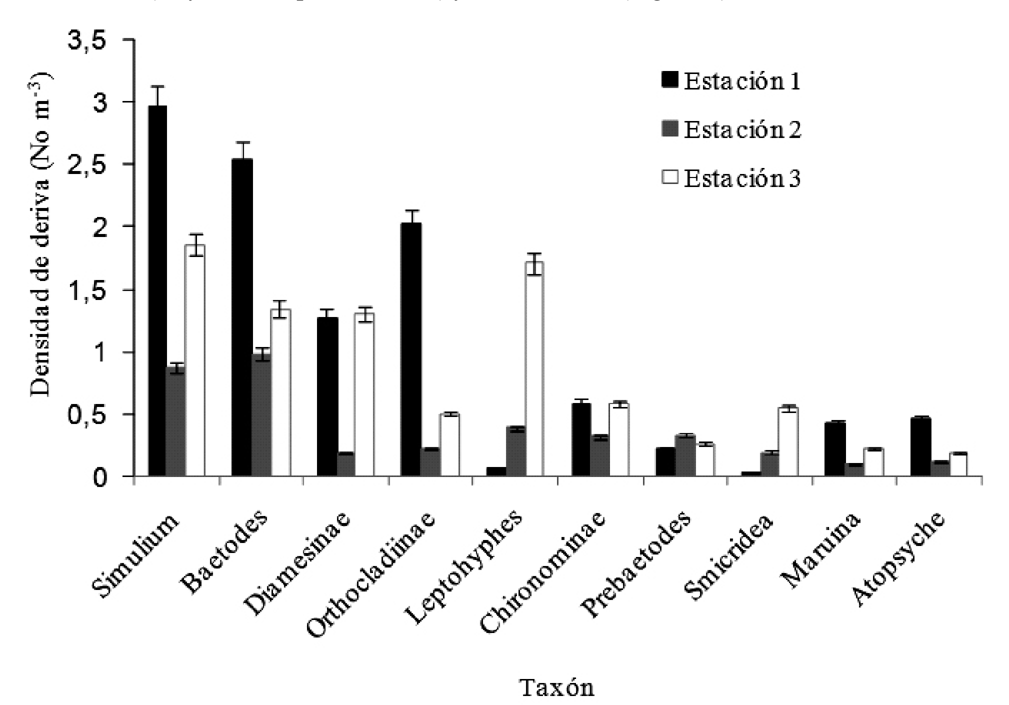



**Figura 3**. Densidad de deriva de los 10 taxones más numerosos durante todos los muestreos.
Las barras representan una desviación estandar por encima del promedio.

se presentaron menores densidades de deriva en los momentos hidrológicos de máximos caudales registrados en el estudio.

La densidad de deriva en el ciclo diario, no mostró diferencias significativas en ninguna de las estaciones, ni en los intervalos de horas seleccionados durante los meses del estudio. Tampoco se observaron diferencias totalizando las estaciones como un solo periodo climático.

Durante M4 la interacción de los factores, hora - estación, resultó significativa (K-W = 11.49; n = 18; $P < 0.05$); sin embargo, en la prueba de comparaciones múltiples, se detectó la conformación de un solo grupo. La estación 3 fue significativamente distinta, registrando la mayor densidad de deriva. Durante M1, M3 y M4, las mayores densidades de deriva se presentaron en la estación 3; aunque, durante M2 la estación 1 tuvo el valor más alto de todo el periodo de estudio (Figura 4). En términos generales, los valores de densidad disminuyeron a medida que aparecieron las lluvias en las estaciones del estudio.

La tendencia presentada por la densidad de deriva a través del ciclo diario (día-noche) en las estaciones se registra en la Figura 5, donde se evidencia que las mayores densidades medias de deriva se presentan en la horas de la noche, aunque no hubo diferencias significativas entre intervalos de horas ($P > 0.05$). En términos generales, no se observaron patrones en los ciclos diurnos a través de los muestreos, lo que refleja que la densidad de deriva de macroinvertebrados acuáticos durante estos meses fue igual durante el ciclo diario de 24 horas.

**Biomasa derivante**

La biomasa promedio estimada durante los 4 muestreos en la estación 1 fue 0.0144 ± 0.0013 mg $m^{-3}$, en la estación 2 fue de 0.0033 ± 0.0002

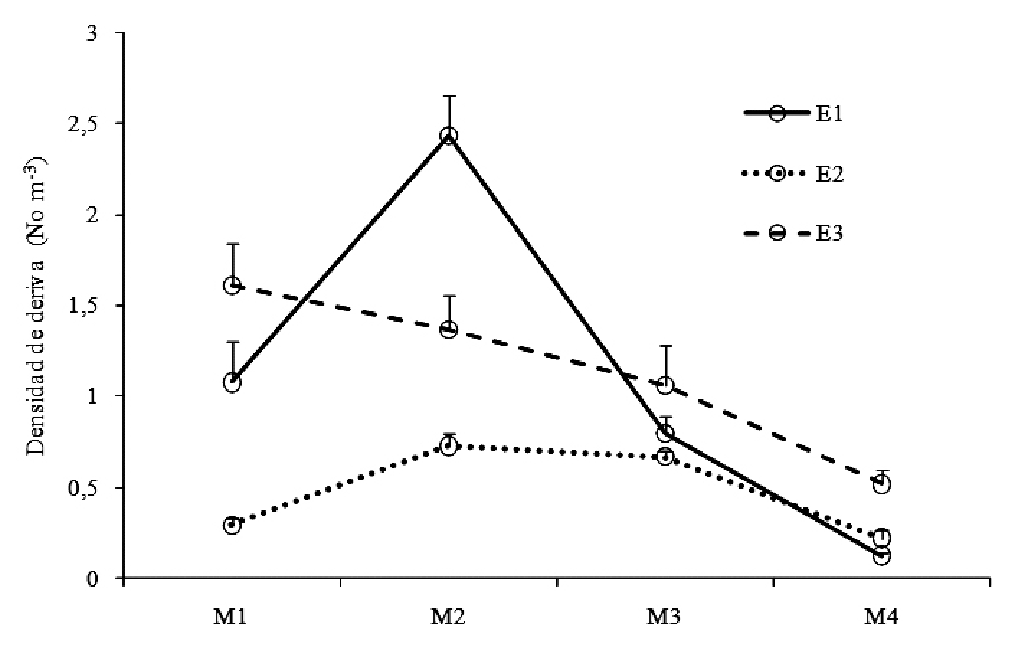



**Figura 4**. Densidad de deriva de macroinvertebrados durante los cuatro muestreos en cada estación del estudio.

M1 = muestreo 1, M2 = muestreo 2, M3 = muestreo 3, M4 = muestreo 4. Las barras representan una desviación estandar por encima del promedio.

mg m$^{-3}$, y en la estación 3 de 0.0047 ± 0.0007 mg m$^{-3}$. Estos valores muestran un patrón similar a la densidad de deriva ($r_S$ = 0.46; n = 70; P < 0.001). El mayor suministro de biomasa por parte de los macroinvertebrados fue en M3 con 0.0074 ± 0.00048 mg m$^{-3}$, seguido por M1 con 0.0068 ± 0.00049 mg.m$^{-3}$, mientras que en M2 y M4 se presentaron los menores aportes de biomasa, con 0.0052 ± 0.00033 y 0.00014 ± 0.00048 mg m$^{-3}$ (Figura 6).

Los mayores aportes de biomasa derivante ocurrieron en el género *Simulium* (Diptera: Simuliidae) con 1.90 ± 1.05 mg m$^{-3}$, seguido por el género *Baetodes* (1.62 ± 0.81 mg m$^{-3}$) y la subfamilia Orthocladiinae (Diptera: Chironomidae) (0.91 ± 0.97 mg.m$^{-3}$). Entre los grupos con menor biomasa derivante se encontró el género *Xiphocentron* (Trichoptera: Xiphocentronidae) (0.0025 ± 0.001 mg m$^{-3}$) y la familia Stratiomyidae (Diptera) (0.0025 ± 0.001 mg m$^{-3}$) los que se registraron solo durante M4.

En el análisis por estaciones, se observa que en la estación 1 se presentaron los mayores aportes de biomasa durante las 4 campañas de muestreo (K-W = 14.33; n = 18; P < 0.001), la cual disminuyó durante los muestreos (marzo - junio). Similar tendencia se presentó en la estación 2, aunque con excepción de M2 que siempre tuvo los menores valores de biomasa. Finalmente, la estación 3 expuso un comportamiento estable con un aumento importante en la biomasa durante M3 (K-W = 24.90; n = 18; P < 0.001) (Figura 6).

## DISCUSIÓN

Las variables físicas y químicas analizadas durante este estudio a lo largo del río Gaira, describen este sistema como un pequeño río típico tropical de montaña; el cual posee aguas muy oxigenadas y pH cercano a la neutralidad desde su cabecera hasta la parte baja. Lo anterior se debe a la alta pendiente del río principal, el cual no supera 40 km de longitud

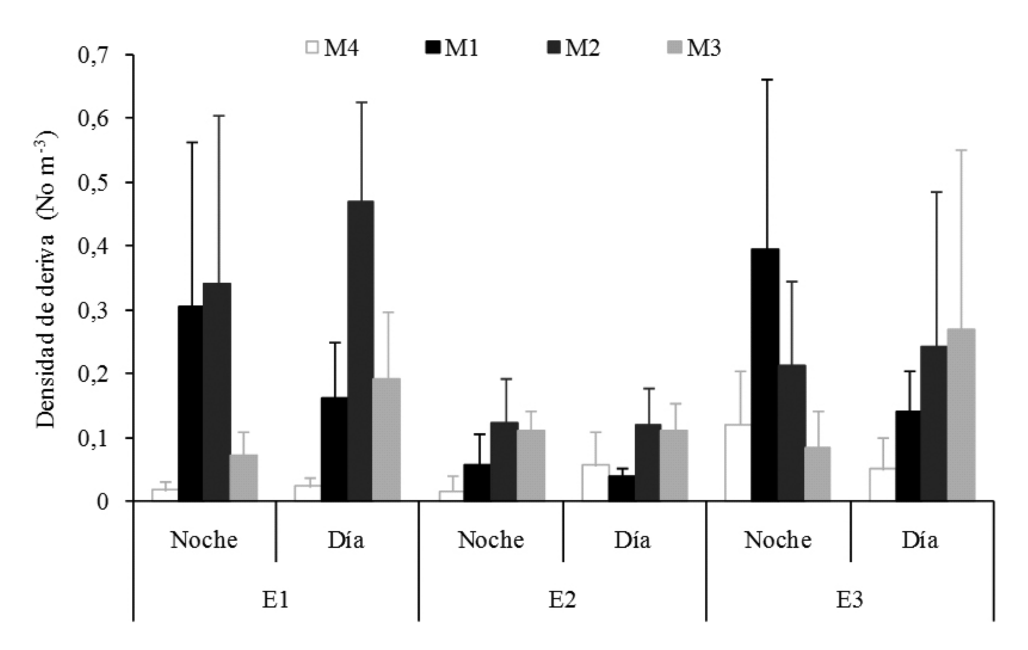



**Figura 5**. Densidad de deriva de macroinvertebrados en los cuatro muestreos, durante el día y la nochea.
E1 = estación 1, E2 = estación 2, E3 = estación 3. M1 = muestreo 1, M2 = muestreo 2, M3 = muestreo 3, M4 = muestreo 4. Las barras representan una desviación estandar por encima del promedio.

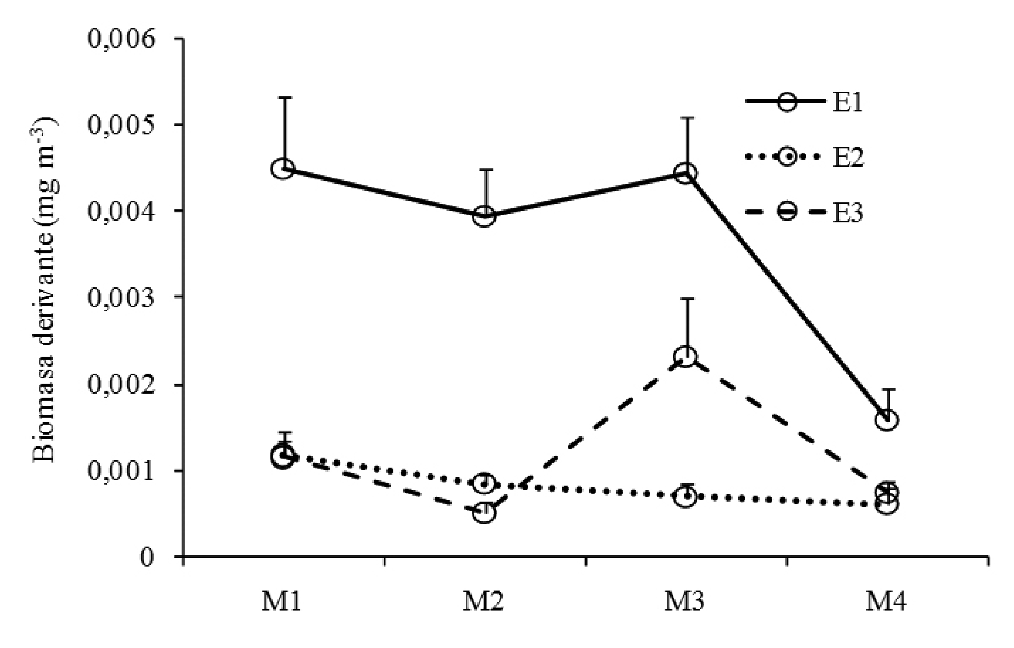



**Figura 6**. Aporte de biomasa derivante durante los cuatro muestreos en cada estación del estudio.
M1 = muestreo 1, M2 = muestreo 2, M3 = muestreo 3, M4 = muestreo 4. Las barras representan la desviación estándar.

(Tamaris-Turizo & López 2006), tal particularidad, le permite tener un buen sistema de autodepuración. Además, la forma rectangular de la cuenca genera un rápido escurrimiento de las lluvias y por tanto funciona como un indicador de crecientes.

**Deriva de macroinvertebrados**

Los dípteros, los efemerópteros y los tricópteros, fueron los grupos de macroinvertebrados que presentaron las mayores densidades de deriva, durante todos los muestreos y en todas las estaciones durante este estudio (marzo - junio). Similar situación fue registrada por Rodríguez-Barrios *et al.* (2006, 2007) quienes hallaron a los efemerópteros como los más abundantes en un río de segundo orden de Nariño y a los quironómidos como los dominantes (40 % del total de la deriva) en la Quebrada La Vieja (Bogotá). Sin embargo, Quiñones *et al.* (1998) señalan a los tricópteros y los dípteros como los más abundantes en una quebrada de cabecera del río Medellín. Adicionalmente, Ramírez & Pringle (2001) encontraron como grupos dominantes a los camarones (en la zona de tierras bajas) y a los dípteros y efemerópteros (en el piedemonte), de igual manera, Ríos (2008) lo registró en la cabecera de un río andino ecuatoriano. Martzinger & Bass (1994) en Oklahoma (USA) registraron a los efemerópteros, dípteros y camarones como los grupos dominantes en los procesos de deriva; por su parte, March *et al.* (2003), en una isla de Micronesia, registraron como grupos más abundantes a quironómidos y los lepidópteros. La altas densidades de deriva registrados por estos grupos coinciden con las dominancia de ellos mismos en el bentos del río (Ríos 2008).

La densidad de deriva a lo largo del río Gaira, mostró diferencias estadísticas sólo durante M2 y M4, detectando las mayores

densidades en la estación 1 (2.43 ± 0.22 Ind. $m^{-3}$) durante M2 y en la estación 3 (0.51 ± 0.05) durante M4. En términos generales, las mayores densidades de deriva se presentaron durante los primeros muestreos, los cuales correspondieron a la época de caudales más bajos, y disminuyó en todas las estaciones con el incremento de los caudales, aunque esta relación no fue significativa ($r_s = 0.11$; $n = 12$; $P > 0.05$). Esta misma tendencia la encontraron Matzinger & Bass (1995) en el río Oklahoma (USA), Quiñones *et al.* (1998) y Rodríguez-Barrios *et al.* (2007) en ríos de Colombia y Wilcox *et al.* (2008) evaluando la deriva de Ephemeroptera en el río Colorado (USA), lo anterior evidencia que los procesos de transporte de organismos están influenciados por eventos hidrológicos (Ríos 2008) e hidráulicos (Wilcox *et al.* 2008).

Los menores aportes de densidad de deriva y biomasa registrados en el estudio fueron observados en el género *Xiphocentron* (Trichoptera) y la familia Stratiomyidae (Diptera), lo cual está relacionado con su modo de vida, ya que los primeros construyen casas en forma de galerías en las zonas de salpicadura de grandes rocas (Wiggins 1996) manteniendo una fuerte adhesión al sustrato. Y la familia Stratiomyidae habita en zonas de cascadas e infiltraciones de acantilados (Courtney *et al.* 1996) evitando de esta manera el arrastre por las corrientes.

La biomasa derivante de macroinvertebrados acuáticos en el río Gaira, evidenció diferencias estadísticas en las estaciones durante los dos primeros muestreos y, al igual que la densidad de deriva, durante M4 se registraron los menores aportes de biomasa derivante. Sin embargo, la estación 1 presentó los mayores valores de esta variable, aunque no tuvo las mayores densidades durante los muestreos (marzo – junio). Este contraste también fue publicado por González *et al.* (2003) en un río del noreste de España. Es probable que los grandes aportes de biomasa registrados en la cabecera del río Gaira, como en otros ríos tropicales (Ramírez & Pringle 2001), esté dado por las grandes tallas que tienen los insectos de esta zona del río en comparación con aquellos que habitan en la parte baja de este río; sin embargo, dentro de los macroinvertebrados, los Decapoda generan un significativo aporte de biomasa muy superior a la de los insectos y puede evidenciarse una tendencia distinta a la observada en este trabajo.

Los valores promedio de biomasa derivante obtenidos en este estudio (0.0063 ± 0.007 $mg.m^{-3}$), fueron un poco menores a los registrados por Rodríguez-Barrios (2007) para la quebrada la Vieja (Bogotá), pero más de diez veces inferiores a los registrados en algunos estudios desarrollados en zonas templadas (O´Hop & Wallace 1983, Robinson *et al.* 2002, Romero *et al*. 2005). Este evento puede obedecer a las tallas de los organismos, ya que las reportadas en este río, son muy inferiores a la que registra Rodríguez-Barrios *et al.* (2007), lo que soporta la teoría de que las altas tasas de deriva no se relacionan directamente con altos aportes de biomasa. Además, el aporte por parte de algunos grupos como los Lepidoptera que aunque durante los muestreos fueron escasos (73 ind), contribuyen con altos valores de biomasa (biomasa promedio individual: 0.539 mg).

La comunidad de macroinvertebrados derivante, estuvo compuesta por grupos de amplia distribución en Colombia, tal es el caso de los Ephemeroptera y las subfamilias de Diptera registradas en este estudio (Zúñiga *et al.* 2001, Domínguez *et al.* 2006). Sin embargo, la alta abundancia de organismos transportados en la columna de agua, podría suponer que se garantiza un suministro energético autóctono de manera constante a lo largo de todo el río durante la época de bajas precipitaciones, y durante la época de lluvias esta energía podría ser reemplazada por materia orgánica principalmente de origen alóctona (Gonçalves *et al.* 2006).

En cuanto a la deriva durante el ciclo diario, en ninguna de las estaciones de muestreo se presentaron diferencias estadísticas en la densidad de deriva y biomasa, en los intervalos de horas establecidos (06:00–10:00, 10:00–14:00, 14:00-18:00, 18:00-22:00, 22:00-02:00 y 02:00-06:00), tampoco en los ciclos día-noche. Sin embargo, la densidad de deriva y la biomasa mostraron el mismo comportamiento, en el cual las mayores densidades de deriva y aportes de biomasa se presentaron durante las horas del día, lo que deja sin peso la hipótesis de que esta aperiodicidad se deba a la altitud (Ramirez & Pringle 2001) (Figura 7); Por tanto, se puede considerar que los patrones de deriva en este tipo de sistemas durante los periodos de bajas precipitaciones pueden estar relacionados con las relaciones tróficas que presente la comunidad de macroinvertebrados o por variables ambientales no incorporadas en este trabajo.

Estudios previos, desarrollados por Flecker (1992), Ramírez & Pringle (2001), March *et al.* (2003) y Wilcox *et al*. (2008) encontraron que las mayores densidades de deriva de macroinvertebrados acuáticos se encontraron influenciadas por potenciales depredadores como peces y camarones. Sin embargo, durante este estudio no se controló la presencia de estos depredadores, aunque se puede considerar que algunos macroinvertebrados pueden estar ejerciendo esta función. Estudios recientes sobre contenidos estomacales llevados a cabo en el río Gaira (Tamaris-Turizo *et al.* 2007) y en Risaralda (Chará 2008) han demostrado que grupos como los Plecoptera (*Anacroneuria*), algunos Odonata (*Hetaerina*, *Progomphus* y *Megapodagrion*), un género de Trichoptera (*Polycentropus*) registraron importantes porcentajes de tejido animal en sus estómagos. Además, muchos de los taxones se encuentran ubicados en gremios tróficos

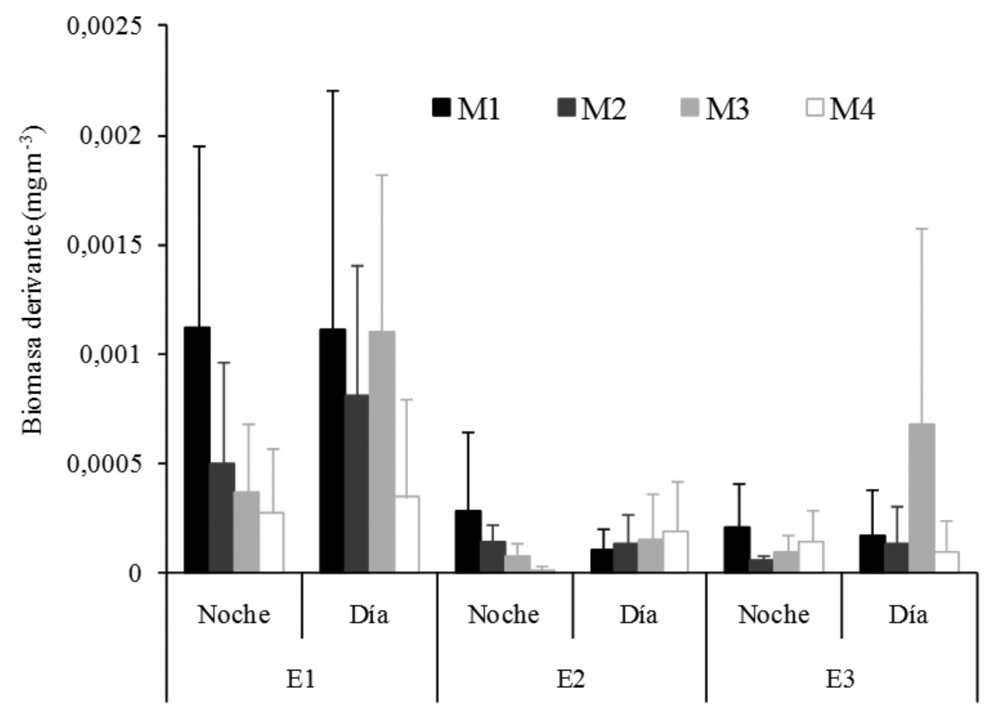



**Figura 7**. Aporte de la biomasa derivante de macroinvertebrados acuáticos (durante el día y la noche) en las tres estaciones de estudio, en los cuatro muestreos.
E1 = estación 1, E2 = estación 2, E3 = estación 3. M1 = muestreo 1, M2 = muestreo 2, M3 = muestreo 3, M4 = muestreo 4. Las barras representan la desviación estándar.

incorrectos, subestimando la potencialidad de los macroinvertebrados como depredadores.

**AGRADECIMINETOS**

A la División Financiera de la Universidad Nacional de Colombia, por la financiación del proyecto. A la Universidad del Magdalena por la capacidad instalada de sus laboratorios. A la Reserva Natural La Iguana Verde y La Hacienda Cafetera La Victoria por facilitar sus instalaciones como estaciones de muestreo. A los integrantes de los Grupos de Investigación en Limnología Neotropical y Biodiversidad y Ecología Aplicada por el apoyo en campo. Finalmente, los evaluadores anónimos por los comentarios que permitieron realizar mejoras al documento.

**LITERATURA CITADA**

Allan, J.D. 1995. *Stream Ecology, Structure and function of running waters*. Editorial Chatman & Hall.

Angelier, E. 2002. *Ecología de las aguas corrientes*. Editorial Acribia S.A., España.

Benke, A.C., A.D. Huryn, L.A. Smock & J.B. Wallace. 1999. Length-mass relationships for freshwater macroinvertebrates in North America with particular reference to the southeasten United States. Journal North America Benthogical Society 18(3):308-343.

Burgherr P. & E. Meyer. 1997. Regression analysis of linear body dimensions vs. dry mass stream macroinvertebrates. Archiv für Hydrobiologie 193(1):101-112.

Cano, W. 2003. Alteración del metabolismo lótico en la Quebrada Piedras Blancas (Medellín) debido al trasvase del caudal. Tesis de Maestría en Biología, Instituto de Posgrados, Universidad de Antioquia, Medellín.

Chará, A.M. 2008. Característica trófica de entomofauna asociada a paquetes de hojarasca en tres quebradas de la cuenca media del rio Otún (Risaralda, Colombia). Tesis de Pregrado, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Valle, Cali.

Courtney, G.W., R.W. Marritt, H.J. Teskey & B.A. Foote. 1996. Part One. Larvae of Aquatic Diptera. Págs. 484-514 en: R.W. Merritt & K.W. Cummins (eds), *An introduction to the aquatic insects of North America*. Third Edition, Kendall/Hunt Publishing, Dubuque.

Cressa, C. 1999. Dry mass estimates of some tropical aquatic insects. Revista de Biololgía Tropical 47(1-2):133-141.

Deluque, Y. 2005. Deriva de macroinvertebrados bentónicos y la materia orgánica gruesa en la cuenca baja del río Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia). Tesis de pregrado, Facultas de Ciencias Básicas, Universidad del Magdalena, programa de Biología. Santa Marta.

Dobson, M. & C. Frid. 1998. *Ecology of Aquatic Systems*. Editorial Addison Wesley Longman.

Domínguez, E., C. Molineri, M. Pescador, M. Hubbard, & C. Nieto. 2006. Ephemeroptera of South America, p 646.*In*J.† Adis, J.R. Arias, S. Golovatch, K.M.Wantzen, & G. Rueda-Delgado (eds.) Aquatic Biodiversity of Latin American (ABLA). Vol 2.Pensoft, Sofia-Moscú.

Espinal, L.S. & E. Montenegro. 1963. *Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa del mapa ecológico*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, D.C.

Fernández H. R. & E. Domínguez (eds). 2006. *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán.

Flecker, A.S. 1992. Fish predation and the evolution of invertebrate drift periodicity: Evidence from Neotropical streams. Ecology 73(2):438-448.

Frisell, C.A., W.J. Liss, C.E. Warren & M.D. Hurley. 1986. A hierarchical framework for stream classification: viewing streams in a watershed. Context Ennviromental Management. 10:199-214.

García, H. & D. Ospino. 2005, Diversidad de escarabajos coprófagos (Coleóptera Scarabaeinae) en un gradiente altitudinal en la vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Trabajo de pregrado, programa de Biología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Magdalena. Santa Marta.

Gonçalves, J.F., J. Silva & M. Callisto. 2006. Dynamics of allochthonous organic matter in a tropical Brazilian headstream. Brazilian Archives of Biology and Technology 49(6):967-973.

González J.M., A. Basaguren & J. Pozo. 2003. Macroinvertebrate communities along a third-order Iberian stream. International Journal of Limnology 39: 287-296.

Lopretto, E. 1995. Crustacea Eumalacostraca. Págs. 250-265 en: C.E. Lopretto & G. Tell (eds) *Ecosistemas de aguas continentales: Metodologías para su estudio*. Tomo III. Ediciones del Sur. La Plata.

March, J., J. Benstead, C. Pringle & M. Luckymis. 2003. Benthic Community Structure and Invertebrate Drift in a Pacific Island Stream, Kosrae, Micronesia. Biotropica 35(1):125-130.

Martzinger, M. & D. Bass. 1994. Downstream drift of aquatic insects in the blue river of south – central Oklahoma. Proceedings of the Oklahoma Academy of Science 75: 13-19.

Merritt, R. W. & K. W. Cummins. 1996. An *Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 2da ed. Kendall /Hunt, Dubuque.

Monsalve, G. 1999. *Hidrología en la Ingeniería*. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. 2a. Edición. Bogotá D. C.

O´hop, J. & B. Wallace. 1983. Invertebrate drift, discharge, and sediment relations in a southern Appalachian headwater stream. Hydrobiologia 98: 71-84.

Prosierra - Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta. 1998. *Evaluación Ecológica Rápida de la Sierra Nevada de Santa Marta. Definición de Áreas Críticas para la Conservación de la Sierra Nevada de Santa Marta*. Ministerio del Medio Ambiente, UA-ESPPNN The Nature Conservacy –USAID-Embajada de Japón. Bogotá, D.C.

Quiñones M, J.J. Ramírez & A. Díaz. 1998. Estructura numérica de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos derivadores en la zona de ritral del río Medellín. Actualidades Biológicas Colombiana 20(69):75-86.

Ramírez, A. & C. Pringle. 2001. Spatial and temporal patterns of invertebrate drift in streams draining a Neotropical landscape. Freshwater Biology 46:47-62.

Ríos, B. 2008. Comunidades de macroinvertebrados en un río altoandino: Importancia del hábitat, dinámica de la deriva, papel de la materia orgánica y relevancia de la ovoposición. Tesis Doctoral, Departament d´Ecología, Universitat de Barcelona. Barcelona.

Robinson, C.T., K. Tockner & P. Burgherr. 2002. Seasonal patterns in macroinvertebrate drift and seston transport in streams of an alpine glacial flood plain. Freshwater Biology 47: 985–993.

Rodríguez-Barrios, J., R. Ospina-Torres, J.D. Gutiérrez & H. Ovalle. 2007. Densidad y biomasa de macroinvertebrados acuáticos derivantes en una quebrada tropical de montaña (Bogotá, Colombia). Caldasia 29(2):397-412.

Rodríguez-Barrios, J., R. Ospina-Torres, M. Berrío, B. Cepeda, G. Castellanos & M. Valencia. 2006. Variación diaria de la deriva de macroinvertebrados acuáticos y de materias orgánica en la cabecera de un río tropical de montaña en el departamento de Nariño, Colombia. Acta Biológica Colombiana 11 (supl.1): 47-53.

Romero, N. R.E. Greeswell & J.L. Li. 2005. Changing patterns in coastal cutthroat trout (*Oncorhynchus clarki clarki*) diet and prey in a gradient of deciduous canopies. Canadian Journal of Fisheries Aquatic Science 62:1797-1807.

Sarmiento, G. 1987. Los principales gradientes ecoclimáticos en los Andes tropicales.

Anales del IV Congreso Latinoamericano de Botánica, Bogotá D.C. 47-64p

SMOK, L. 2007. Macroinvertebrate movements: Drift, Colonization, and Emergence. Págs 466-487 En: F.R. Hauer & G.A. Lamberti (eds). 2[da] edition. *Methods in stream ecology*. Academy Press.

STEAD, T. K., J. M. SCHIMID-ARAYA & A.G. HILDREW. 2003. All creatures great and small: patterns in the stream benthos across a wide range of metazoan body size. Freshwater Biology 48: 532–547.

TAMARIS-TURIZO, C., R. TURIZO & M. DEL C ZÚÑIGA. 2007. Distribución espacio-temporal y hábitos alimentarios de ninfas de *Anacroneuria* (Insecta: Plecoptera: Perlidae) en el río Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia). Caldasia 29(2): 375-385.

TAMARIS-TURIZO, C. & H.J. LÓPEZ. 2006. Aproximación a la zonificación climática de la cuenca del río Gaira. Intropica 3(1): 69-76.

WATERS, T.F. 1965. Interpretation of invertebrate drift in stream. Ecology 46(3):327-334.

WIGGINS, G. 1996. *Larvae of North American Caddisflies genera (Trichoptera)*. 2[da] ed., University of Toronto Press, Toronto-Buffalo-Londres.

WILCOX, A.C., B.L. PECKARSKY, B.W. TAYLOR & A.C. ENCALADA. 2008. Hydraulic and geomorphic effect on mayfly drift in high-gradient streams at moderate discharges. Ecohydrology 1: 176-186.

ZÚÑIGA, M. DEL C., B.P. STARK, A. ROJAS & M. BAENA. 2001. Distribution of *Anacroneuria* species (Plecoptera; Perlidae) in Colombia. Págs 301-301. En: E. Domínguez (ed) *Trends in research in Ephemeroptera and Plecoptera*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, Nueva York.

Recibido: 14/10/2011
Aceptado: 07/05/2013